

4. 岸壁耐震補強に用いる、国内最大級掘削機 EinBand ドリルの開発

日特建設株式会社 菅 浩一

1. はじめに

わが国で 1964 年から採用され始めたグラウンドアンカー(以下、「アンカー」という)は、1988 年に制定された、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説(土質工学会)」によって、防食を施した永久アンカーという形が生まれ、長期的にその機能を十分に発揮することが可能となった。アンカーが利用された分野としては、地すべりや斜面崩壊対策、および建築分野における山留支保工が多かった。しかし、阪神淡路大震災をきっかけに、既存岸壁の耐震補強にアンカーを用いるケースが増えてきた。幹線道路や鉄道が被災した場合には、人員・物資輸送の拠点となることから、四方を海に囲まれている地震大国の日本では、港湾施設の耐震補強は急務である。

本報文は、既設岸壁の耐震補強に用いるアンカーを、効率的でしかも精度の良い施工を可能とした掘削機での施工方法について報告するものである。

2. 港湾アンカーの特長

地すべりや斜面崩壊に用いるアンカーと港湾に用いる耐震補強アンカーには、以下に記す相違点がある。

- ① テンドンの通減率の違いによりアンカー体径が太径となる。
- ② アンカー体設置可能な強固な地盤が、深い位置に存在するために、アンカー長が長尺になる。
- ③ 岸壁背面に裏込め石層などの人口地盤がある。

テンドンの極限引張り力(T_{us})による通減率を表-1に示す。

設計アンカー力を 900kN とした場合に、地盤工学会基準では、970.9mm²の断面積を有する PC 鋼より線が必要になる。一方、港湾の基準を適用すると、必要となる PC 鋼より線の断面積は、1875.5mm²となる。港湾で採用されるアンカーは、PC 鋼より線の断面積が大きくなることにより、アンカー体径が大きくなり、さらに削孔径が大きくなってしまう。また、アンカー体を設

置できる強固な地盤は、山岳地と比べると港湾では大深度に存在することが多い。さらに、既存岸壁のケーソンや鋼管矢板などの構造物背面には、土圧を軽減するために、裏込め石を設けていることが多い。

上記のように港湾に使用するアンカーは、大口径で長尺、さらに困難な裏込め石層を削孔することから、多くの時間を費やすことや、トラブルが頻繁におこることが多かった。

表-1 テンドンの極限引張り力による通減係数

	テンドンの極限引張り力(T_{us})に対して	
	地盤工学会	港湾
常時	0.60	0.26
地震時	0.80	0.40

3. 岸壁耐震補強アンカーの実績

岸壁の耐震補強として、アンカーが採用されたのは、およそ 15 年ほど前であるが、1 件の工事を実施した後は採用されなくなっていた。しかし、この 5 年間で、表-2 に示すような耐震補強アンカーが計画され、施工実績が増えてきた。削孔径が $\phi 216\text{mm}$ でアンカー長も最も長い、A 港での削孔速度は、裏込め石層で 300min/m 費やしているアンカーもあった。また、ドリルパイプの破断や削孔ビットの損耗も激しいなどのトラブルが生じることもあった。他の現場でも同様のトラブルが生じることが多々あった。実績を重ねた後に、削孔径が $\phi 216\text{mm}$ でアンカー長が 100m を超すアンカーを必要としている現場(E 港)が計画された。A 港での仕様が限界と感じていたために、新たな検討を行って、E 港の施工に対応することとした。

表-2 既存岸壁の耐震補強アンカーの実績

	削孔径	アンカー長	裏込め石層
A 港	$\phi 216\text{mm}$	72.0m	42.0m
B 港	$\phi 216\text{mm}$	50.0m	20.0m
C 港	$\phi 165\text{mm}$	84.0m	25.0m
D 漁港	$\phi 216\text{mm}$	60.0m	15.0m

4. 岸壁耐震補強アンカーの実績

4. 1 削孔ツールの検討

削孔精度の向上を図ることと、ドリルパイプの破断を防止するために、ドリルパイプの肉厚を $t=17\text{mm}$ から $t=19\text{mm}$ として、剛性を高めることとした。また、 $\phi 216\text{mm}$ の2重管削孔に使用するインナーロッドは、通常 $\phi 135\text{mm}$ を使用するが、ドリルパイプと同じ理由で剛性の高い $\phi 165\text{mm}$ の肉厚タイプを使用することとした。また、削孔精度、作業効率の向上を図るために、ドリルパイプ長を通常の 1.5m から 2.0m のものを使用することとした。

4. 2 掘削機械の開発

検討した削孔ツールの 100m 当たりの質量は、 14.6t となる。従来の掘削機のフィード力は、最大でも 11.0t であることから、既存の機械では、削孔することが不可能と判断した。また、3章で述べたA港で削孔した際には、ドリルパイプが回転不能になる事態も度々あり、トルクに関しても不足する(従来機 $1.5\text{t}\cdot\text{m}$ 程度)と判断した。そこで、フィード力が 18.0t でトルクが $2.4\text{t}\cdot\text{m}$ 新型掘削機を設計・製作することとした。新型掘削機の写真を図-1に示す。写真に示してあるもう1台の掘削機は、地すべり工事などで使用される汎用機である。

5. 新型掘削機の施工実績

新型掘削機を導入したE港の断面模式図を図-2に示す。削孔長は、約 20m の裏込め石を削孔し、その後粘性土、礫層を約 80m 削孔する全長 100m 程度である。削孔途中には、既存建物の基礎杭が存在している。こ



図-1 新型掘削機

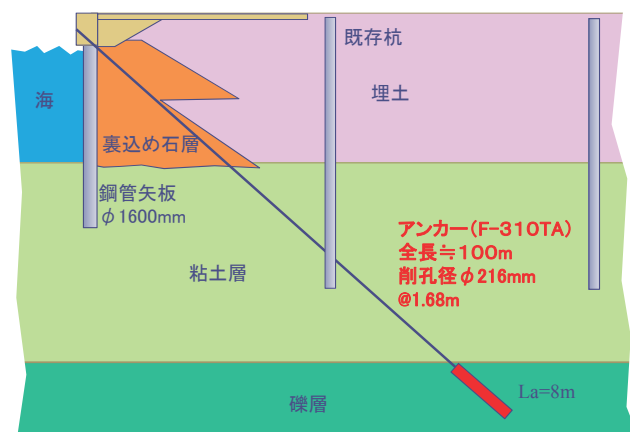


図-2 E港断面模式図

の基礎杭との接触を防止するために、高精度の削孔精度が求められた。削孔精度は、削孔精度の低下が懸念される裏込め石層を完了した時点で計測した。計測結果より、杭との接触が懸念された場合には、再削孔することを計画していた。しかし、削孔精度は、平均でも $1/500$ 程度を確保することができ、再削孔を実施することはなかった。また、削孔速度も安定した時間で進み、当初の工程を守ることができた。

6. おわりに

新型掘削機を設計・製作することで、困難な条件であっても、既存岸壁の耐震補強工事にアンカーを採用することが可能となった。既存岸壁の耐震補強工事には、タイロッド工法、薬液注入工法あるいは、良質土置換工法などがある。しかし、その条件からどうしても、アンカーを採用しなければならないこともある。今後も過酷な条件下でも、グラウンドアンカー工で対応できるように、さらなる工夫を加えていきたいと思う。また、今後は、今回開発した掘削機を「タイロッド工事」、「ダムの耐震工事」、「防潮堤などのマイクロパイル工事」さらには、「地中熱利用設備」などにも適用していく予定である。